

# Avances en las tecnologías GPS, las redes RTK

Hasta hace poco, el empleo de equipos de posicionamiento RTK obligaba a usar un complejo conjunto de dispositivos. Hoy disponemos de nuevos sistemas que integran varios de estos equipos en un único dispositivo, si bien para conseguir la alta pre-

cisión que la tecnología RTK ofrece, se hacía necesario hasta ahora disponer de una estación base propia y localizarla en un punto central de la explotación para dar servicio a toda el área de interés. Pero todo esto está cambiando, y muy rápido.



Constantino Valero.  
Universidad Politécnica de Madrid.

**D**esde hace algunos años nuestros automóviles y tractores pueden saber por dónde van gracias a la tecnología GPS. A diferencia de los viejos receptores GPS que cometían errores de posición cercanos a los 5 m porque no recibían corrección de la señal, los receptores actuales pueden ser catalogados, en líneas generales, en dos grandes grupos:

- Receptores GPS diferenciales (dGPS): además de captar la señal de los satélites GPS, son capaces de corregir la posición hasta errores menores de 2 m, ya que reciben corrección diferencial de otros satélites públicos (como Egnos), privados (Omnistar, Starfire, etc.) o incluso vía radio e internet.

- Receptores RTK: son dispositivos mucho más avanzados, que además de captar la señal de los satélites GPS, se comunican con otro receptor/emisor situado en un punto fijo (estación base) y hacen cálculos complejos de la señal electromagnética para conseguir precisiones cercanas a 1 cm.

Hasta hace poco, el empleo de equipos

de posicionamiento RTK obligaba a usar un complejo conjunto de dispositivos: la estación base, el receptor móvil (o varios de ellos), baterías para ambos, los enlaces de radio, un trípode, la percha para llevar el transmisor, la mochila si lo vamos a llevar a cuestas (para hacer muestreos de suelo, o malas hierbas, por ejemplo), etc.

Hoy disponemos de nuevos sistemas que integran varios de estos equipos en un único dispositivo, que además pueden recibir automáticamente señal de los satélites de cualquier constelación GNSS (el tradicional GPS, el ruso Glonass o el europeo Galileo, cuando esté operativo) y todo ello con una autonomía y tamaño adecuados para ir montados en un pequeño mástil cómodamente. Sin embargo, para conseguir la alta precisión que la tecnología RTK ofrece, se hacía necesario hasta ahora disponer de una estación base propia y localizarla en un punto central de la explotación para dar servicio a todo el área de interés. Pero todo esto está cambiando, y muy rápido.

## Los clusters o agrupaciones de RTK

Sin embargo, para cubrir áreas grandes, se hacía necesario mover la estación base de un sitio a otro, con el consiguiente gasto de tiempo y de dinero. En algunos sectores, como el de obras e infraestructuras civiles, este problema puede ser crítico, por lo que se llegó pronto a una solución intermedia: repartir por el territorio un pequeño número de es-



taciones base semi-fijas. Este conjunto (o cluster) de estaciones RTK dan servicio a un área mayor, de forma que el receptor móvil (ej.: tractor) recibe la señal de corrección de su posición desde la base que se encuentra más próxima en cada momento.

Como es lógico, esta solución, que normalmente ha de costear el propio usuario, no es económicamente rentable en el caso de las tareas agrícolas de un único agricultor, ya que el coste de varias estaciones base puede ser muy alto. Sin embargo, no son pocas las asociaciones de productores a nivel mundial que han instalado sus clusters de RTK para cubrir su zona productiva, y dar servicio a sus socios. No es una mala solución, pero presenta varias desventajas:

- El receptor (tractor) recibe corrección de una sola estación base.
- Si se mueve fuera del alcance de esa base, el usuario ha de cambiar manualmente el equipo receptor para que pueda "escuchar" la señal de otra base.
- No se corrige el error proporcional a la distancia hasta la estación base (de lo cual se habla más adelante).
- Por lo anterior, la precisión que se consigue con un cluster de RTK no es mayor que la de un RTK tradicional en solitario.
- Las estaciones base han de ser costeadas por el usuario (o asociación de productores).

Según los expertos, los clusters RTK tenderán a desaparecer o a convertirse en verdaderas redes RTK, ya que todo son ventajas en este sentido.

## Las redes RTK

Recientemente se están implantando por muchas áreas del mundo las llamadas redes RTK o redes GNSS que permitirán disponer de alta precisión sin necesidad de estación base.

Una red RTK es un conjunto de receptores GPS (o GNSS) permanentes, repartidos por un área extensa, cuya señal combinada se emplea para generar las correcciones diferenciales RTK que cualquier receptor cliente GPS pueda necesitar durante su trabajo. Hoy en día existen redes RTK operativas en muchos países (Reino Unido, Irlanda, Alemania, España, partes de América y de Australia, entre otros). En Eu-

**FIGURA 1.**

Estaciones base de la red SmartNet de Leica en España.



Fuente: Leica Spiderweb <http://smartnet.leica-geosystems.eu/spiderweb/frmSiteOverviewMap.aspx>

ropa es destacable la implantación de la red SmartNet Europe, con tecnología de la empresa Leica Geosystems. Las redes RTK pueden variar en tamaño, desde pequeñas redes locales con unas pocas estaciones de referencia, hasta docenas de estaciones cubriendo todo un país. El mapa de la **figura 1** muestra las estaciones de la red SmartNet en España.

Por su parte, Trimble también está instalando estaciones para su red RTK en España, si bien por ahora sólo está disponible en la Comunidad de Madrid. La tercera empresa en liza es Topcon, que ya dispone de redes en Galicia y otras áreas de España, pero de gestión y uso privado.

Generalmente, los usuarios han de suscribirse a la red RTK para recibir la corrección diferencial, pero también hay ya redes públicas, otras en desarrollo, o parcialmente financiadas con fondos regionales, institucionales, etc. La **figura 2** muestra las estaciones de la Red GNSS de Castilla y León de uso gratuito si no es con fines lucrativos. Igualmente hay redes públicas desplegadas en:

- Toda Europa (EUREF).
- Murcia (REGAM y Meristemum).
- Euskadi.
- Navarra (RGAN).
- Comunidad Valenciana (ERVA).
- Madrid (IBEREF).
- Cataluña (CATNET).
- Andalucía (RAP).
- La Rioja.
- Y la citada de Castilla y León (del ITACyL).

Las correcciones RTK pueden ser generadas por la redes RTK mediante varios métodos de control y

**FIGURA 2.**

Estaciones base de la red GNSS de Castilla y León.



Fuente: <http://gnss.itacyl.es>



de cálculo, como las conexiones MAX (Master-Auxiliary), el MAX individualizado (i-MAX), las Estaciones Virtuales de Referencia (VRS) o la parametrización Flächenn-Korrektur (FKP).

### Funcionamiento del RTK de una sola estación base

La forma más fácil de hacerse a la idea de lo que una red RTK (**cuadro I**) supone es compararla con el sistema RTK tradicional (**cuadro II** y **figura 3**). Un receptor RTK tradicional (como el que puede estar instalado en un tractor o en una sembradora de precisión) recibe la corrección de una sola estación base de referencia. Ésta puede estar situada en una posición permanente (p.ej.: el techo de la oficina) o puede situarse temporalmente en el campo cerca de donde se vaya a necesitar cada día.

El principio de funcionamiento siempre es el mismo: se pone a punto la estación base en un punto conocido, y se envían correcciones a los receptores móviles (vía radio, módems o enlaces GSM). Hay tres reglas en el intercambio de mensajes entre el receptor móvil y la estación base:

1. Tanto el receptor como la estación base están observando el movimiento del mismo conjunto de satélites GPS.
2. La estación envía al receptor tanto su posición como toda la información de los satélites.
3. El receptor combina toda la información para calcular la posición RTK corregida.

Los últimos desarrollos en los algorit-

## CUADRO I.

Ventajas e inconvenientes de las redes RTK.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
No es necesario comprar ni instalar una estación base.	El coste de suscripción a la red RTK (si no está financiada por una entidad pública, en cuyo caso es gratuita).
Las precisiones de las posiciones calculadas según va moviéndose el receptor móvil son más homogéneas.	El coste de la transmisión de la corrección (normalmente por internet vía móvil GPRS).
La precisión se mantiene aunque el receptor se mueva grandes distancias.	
Se puede cubrir el mismo área sin necesidad de instalar múltiples estaciones base propias (o moverlas de un sitio a otro).	
Fuente: Leica.	

## CUADRO II.

Ventajas e inconvenientes del RTK tradicional (con una sola estación base).

VENTAJAS	INCONVENIENTES
El modo de funcionamiento es bien conocido y normalmente fácil de implementar.	La estación base es costosa.
La trazabilidad según cambia la posición puede ser mantenida gracias a que la estación base está fija, y los cálculos los realiza el receptor móvil.	Posicionar y arrancar la estación base puede ser complicado y requiere cierto tiempo.
	Según aumenta la distancia entre la estación de referencia y el receptor móvil, disminuye la precisión en el cálculo de la posición.
Fuente: Leica.	

mos de cálculo de la posición mediante RTK permiten al receptor móvil situarse hasta a 50 km de la estación base.

La pérdida de precisión con el aumento de la distancia a la estación de referencia RTK se debe fundamentalmente a los cambios en

las condiciones atmosféricas: según aumenta la distancia, la atmósfera entre ambos se hace más y más diferente, y los algoritmos de cálculo no son capaces de resolver las ambigüedades.

En el caso de usar un cluster RTK o conjunto de estaciones base, el receptor recibe la señal de corrección sólo de aquella que esté más cerca en cada momento, a diferencia de lo que ocurre en las verdaderas redes RTK.

### Funcionamiento de una red RTK

Una red RTK requiere un mínimo de cinco estaciones base (no hay máximo) situadas a unos 70 km de distancia entre sí. Normalmente son estaciones fijas y forman el corazón de la red RTK (**figura 4**). El objetivo principal de una red RTK es minimizar la pérdida de precisión debida a la distancia a la estación base.

Todas las estaciones base están conectadas a un servidor central, al que envían continuamente información sobre su posición y satélites a la vista. El servidor ejecuta un software capaz de:

- Resolver las ambigüedades de los satélites.



En las estaciones RTK tradicionales la trazabilidad según cambia la posición puede ser mantenida gracias a que la estación base está fija, y los cálculos los realiza el receptor móvil.



- Usar la información de todas las estaciones, o un subconjunto de ellas, para enviar la corrección a cualquier receptor RTK móvil dentro de los límites de la red.

El receptor móvil se conecta a la red RTK mediante un enlace uni o bi-direccional (radio modem, GSM o internet). Al recibir la señal, calcula su posición usando un algoritmo concreto. El algoritmo (y con ello el error relativo a la distancia) depende del tipo de conexión de red RTK (MAX, FKP, VRS, etc.). Cada uno de ellos usa un modelo de cálculo diferente, y también pueden llevar a cabo el cálculo en el receptor móvil o en el servidor, dependiendo de su configuración. De este modo, la relación entre el receptor y la red es diferente en cada caso, lo cual provoca grandes diferencias en funcionamiento, precisión, fiabilidad y trazabilidad del usuario móvil.

## ¿Es rentable el precio de la suscripción a una red RTK?

Como es lógico, esto dependerá de la cuota anual. En las zonas en las que el gobierno local subvencione todo o parte de la red, la rentabilidad será más evidente. En España, como ya se ha comentado, existen varias regiones en las que los Gobiernos locales han puesto a punto una red RTK gratuita, y el único coste para el usuario es la tarifa de recep-

**FIGURA 3.**

Disposición de un sistema RTK tradicional con una sola estación base



Fuente: Leica.

ción de datos por móvil (vía GPRS) para poder recibir la corrección en tiempo real. El ITACyL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León) estima que, con un uso de 3-4 horas diarias de conexión GPRS/UMTS/3.5G, habría que pagar al proveedor de internet móvil unos 15 €/mes de tarifa plana para un volumen de datos de unos 200 Mb/mes. Afortunadamente los precios de la telefonía móvil siguen bajando.

Adicionalmente a ese gasto en telefonía móvil para conectarse al sistema, hay empresas como Leica Geosystems que piden unos

2.400€ como cuota anual de suscripción a su red RTK. Trimble pide 1.200 €/año por el uso ilimitado, y 695 €/año por 100 horas de uso. Según los cálculos de Leica, si se va a hacer uso del servicio unas 100 veces al año, su sistema sale rentable si gracias a él nos podemos evitar 24 € cada vez que se use. No está muy claro que un agricultor lo vaya a usar 100 veces al año (dependerá de muchos factores) pero lo que sí está claro es que se ahorra:

- El dinero que cuesta adquirir una estación base propia, con todos sus accesorios, junto con el mantenimiento o posibles reparaciones.
- El tiempo que emplea cada día en instalar, configurar, desinstalar y volver a llevarse la estación base.
- El tiempo que emplea en cambiar de sitio la estación base, si las parcelas están muy distantes entre sí.

- Las preocupaciones como ¿funcionará hoy la estación? ¿se me estropeará? ¿me la robarán?, etc.

Por supuesto, en el caso de usar una red RTK pública, regional por ejemplo, nos ahorramos también la cuota anual.

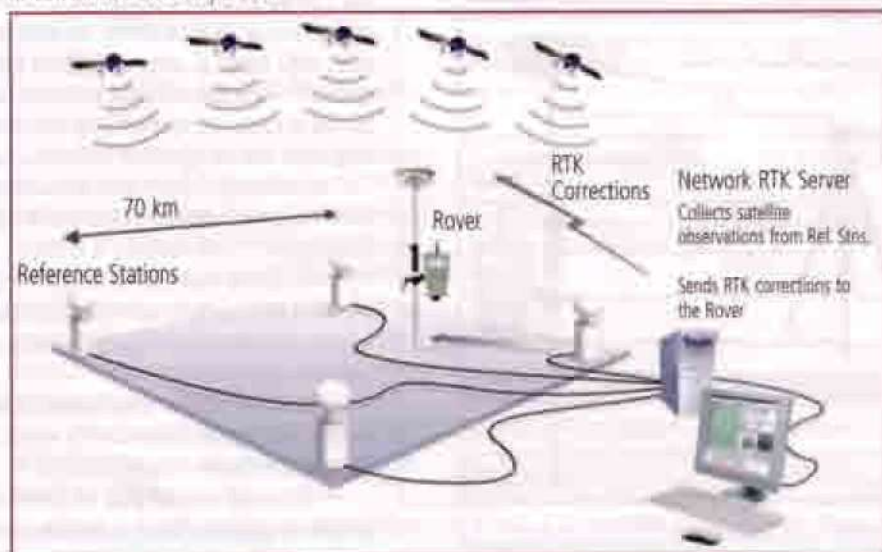
## Criterios para elegir entre los tipos de redes RTK

Parece claro que el precio (o la gratuidad) será el primer criterio a la hora de conectarnos a una red RTK u otra. Pero si nuestro presupuesto nos lo permite y disponemos



**FIGURA 4.**

Red de estaciones base RTK, servidor central de proceso y usuario móvil (rover) recibiendo la corrección en tiempo real.



Fuente: Leica.

**CUADRO III.**

Criterios de elección de los distintos tipos de redes.

	VRS	I-MAX	FKP	MAX
Controlado por el receptor móvil	NO	NO	NO	SÍ
Usa un estándar	NO	NO	NO	SÍ
Maximiza la información de los satélites	NO	NO	¿?	SÍ
Consistencia	PEOR	MEJOR	MEJOR	MEJOR
Trazabilidad y repetibilidad	PEOR	MEJOR	MEJOR	MEJOR
Minimiza los errores según alejamiento a la base	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Fuente: Leica

de varias posibilidades en nuestra zona, hay criterios técnicos que diferencian las redes existentes.

Arriba se mencionaba que gracias al servidor central de la red, la ambigüedad en el cálculo de la posición se reduce aumentando las informaciones de todas las estaciones base en lo que se llama ambigüedad común. Una vez que ésta se ha calculado, el servidor aplica su método matemático (p.ej.: MAX) para calcular y enviar la corrección RTK al receptor móvil. Pero ¿en qué se diferencian estos métodos matemáticos?

1. Estandarizados / no estandarizados: hay redes que aplican métodos basados en estándares internacionales, y por tanto, más compatibles y conocidos, por lo que son más transparentes al usuario.

2. Red controlada por el receptor móvil o por el servidor: en determinadas redes, es el servidor el que decide a qué estaciones base tiene acceso el receptor móvil; esto tiene la ventaja de que la comunicación puede ser más rápida y la red se optimiza, pero el error cometido en la localización puede ser mayor. En las redes en las que el receptor decide a qué estaciones se conecta, dependiendo de la calidad de su señal RTK, la precisión es mayor y se puede responder sobre la marcha a cambios en la red.

3. Uso de toda la información GPS disponible: hay redes en las que no se usa la información de todos los satélites GPS a la vista, a pesar de que todas las estaciones base intercambian dicha información con el servidor.

4. Trazabilidad y repetibilidad: es un requerimiento legal impuesto por muchos Go-

biernos que las redes sean capaces de reproducir a lo largo del tiempo las coordenadas de hitos o monumentos de referencia, para comprobar su fiabilidad.

5. Consistencia: la posición y el error de posicionamiento obtenidos durante el uso de una red RTK deben ser homogéneos, poco cambiantes, incluso aunque varíen las condiciones atmosféricas circundantes.

Las redes que utilizan los métodos I-MAX (individual master-auxiliary) y VRS (virtual reference station) simulan el funcionamiento de un RTK tradicional de una sola estación base, para ser compatibles con los equipos más antiguos. Las redes que emplean el método MAX (master-auxiliary), sin embargo, hacen uso de todo el potencial que estos nuevos sistemas ofrecen y además adoptan la norma internacional RTCM 3.1.

En el **cuadro III** se aplican los cinco criterios explicados a los cuatro tipos de redes existentes.

## Conclusión

La tecnología GPS está evolucionando rápidamente, y el RTK es buen ejemplo de ello. Allí donde necesitemos presiones altas (inferiores a medio metro) las recientes redes RTK (o GNSS) públicas o privadas proporcionan un medio excelente para proveernos de corrección diferencial de alta calidad a un bajo coste. ●

## Más información:

Gran parte de la información de este artículo ha sido extraída de las siguientes fuentes:

Leica Geosystems <http://smartnet.leica-geosystems.eu>

E. Gakstatter, revista GPS World: "RTK webinar" <http://sc.gpsworld.com/gpssc/S&C+Newsletter:+Editorial/RTK-Networks-Webinar-Q&A-Follow-Up/ArticleStandard/Article/detail/597033>

E. Gakstatter, revista GPS World: "RTK Networks: The Wild, Wild West" <http://sc.gpsworld.com/gpssc/S%26C+Newsletter%3A+Editorial/RTK-Networks-The-Wild-Wild-West/ArticleStandard/Article/detail/590965?contextCategoryId=25249>